

METHOD FOR CORRECTING TILT OF OPTICAL DISK, AND OPTICAL DISK DEVICE

Patent Number: JP2002208155
Publication date: 2002-07-26
Inventor(s): OKADA TAKESHI;; WATANABE KATSUYA;; KISHIMOTO TAKASHI
Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Requested Patent: ☐ JP2002208155
Application Number: JP20010002180 20010110
Priority Number(s):
IPC Classification: G11B7/095
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical disk device for searching a tilt correction amount with high accuracy and at a high speed.

SOLUTION: By simultaneously searching optimal tilt driving values in two directions, the effect of the tilt driving value of each direction to a searching result is eliminated, the necessity of repeating the searching of the tilt driving values is eliminated, and two-direction tilting correction is achieved with high accuracy and at a high speed.

.....
Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-208155
(P2002-208155A)

(43) 公開日 平成14年 7 月26日 (2002. 7. 26)

(51) Int.Cl.⁷
G 1 1 B 7/095

識別記号

F I
G 1 1 B 7/095

テーマコード* (参考)
G 5 D 1 1 8

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-2180 (P2001-2180)

(22) 出願日 平成13年 1 月10日 (2001. 1. 10)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 岡田 雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 渡邊 克也

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外 2 名)

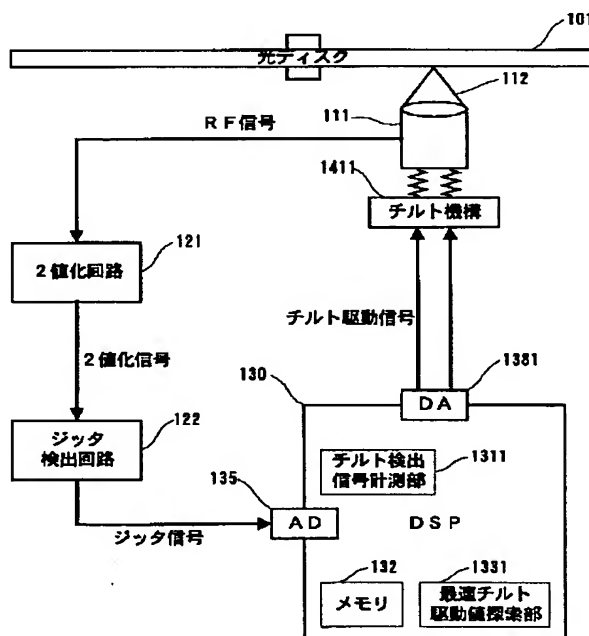
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ディスクのチルト補正方法ならびに光ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 2方向のチルト補正する場合に、1方向の最適なチルト駆動値の探索結果は異なる方向のチルト駆動値による影響を受けるため、各方向のチルト駆動値の探索を繰り返し行う必要がある。

【解決手段】 最適な2方向のチルト駆動値の探索を同時に行うことで、各方向のチルト駆動値による探索結果への影響を無くし、チルト駆動値の探索の繰り返しを不要として、高速かつ高精度の2方向のチルト補正を実現する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録担体の情報記録面と光ビームの光軸との間に生じる2方向のチルト角に応じて変化するチルト誤差信号を生成し、記録担体の情報記録面と光ビームの光軸との間に生じる2方向のチルト角を変化させて、チルト誤差信号と2方向のチルト角に対する補正量とにより構成される3次元空間における特性に基づいて最適な補正量を探索決定することを特徴とした光ディスクのチルト補正方法。

【請求項2】 記録担体に光学的に情報の記録再生を行う装置であって、記録担体の情報記録面と光ビームの光軸との間に生じる2方向のチルト角に応じて変化する信号を生成するチルト誤差信号生成手段と、記録担体の情報記録面と光ビームの光軸との間に生じる2方向のチルト角を補正するチルト補正手段と、前記チルト誤差信号生成手段の出力であるチルト誤差信号と前記チルト補正手段を駆動する2方向のチルト角に対する補正量とにより構成される3次元空間における特性に基づいて最適な補正量を探索決定する最適チルト補正量探索手段とを備えた光ディスク装置。

【請求項3】 前記チルト誤差信号生成手段は、記録担体の情報記録面からの光ビームの反射光を検出する光検出手段を備え、前記光検出手段の出力する信号のジッタを出力することを特徴とした請求項2記載の光ディスク装置。

【請求項4】 前記チルト補正手段は、光ビームの光軸と記録担体の情報記録面との傾きを相対的に変位させることを特徴とした請求項2記載の光ディスク装置。

【請求項5】 前記最適チルト補正量探索手段は、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量を変化させて前記チルト誤差信号生成手段の出力であるチルト誤差信号を計測してチルト誤差信号と前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量との関係関数に近似する関数近似手段を備え、前記関数近似手段により近似した関数に基づいて最適な2方向のチルト角に対する最適な補正量を探索することを特徴とした請求項2記載の光ディスク装置。

【請求項6】 前記関数近似手段は、最小自乗法の計算により2次多項式に近似することを特徴とした請求項5記載の光ディスク装置。

【請求項7】 前記関数近似手段は、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量から計算される特異値分解行列を記憶する記憶手段を備え、予め記憶した特異値分解行列に基づいて近似関数を求めることを特徴とした請求項5または6記載の光ディスク装置。

【請求項8】 前記最適チルト補正量探索手段は、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量を変化させて前記チルト誤差信号生成手段の出力であるチルト誤差信号を計測してチルト誤差信号が略略最小あるいは略略最大となる前記チルト補正手段の2方向のチルト

角に対する補正量の範囲の中心を最適な補正量とすることを特徴とした請求項2記載の光ディスク装置。

【請求項9】 前記最適チルト補正量探索手段は、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量と前記チルト誤差信号生成手段の出力であるチルト誤差信号とにより構成される3次元空間において、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量を変化させてチルト誤差信号を計測したチルト誤差信号特性とチルト誤差信号を所定値とする面との交線に囲まれる平面図形の重心となる2方向のチルト角に対する補正量を、最適な補正量とすることを特徴とした請求項8記載の光ディスク装置。

【請求項10】 前記最適チルト補正量探索手段は、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量と前記チルト誤差信号生成手段の出力であるチルト誤差信号とにより構成される3次元空間において、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量を変化させてチルト誤差信号を計測したチルト誤差信号特性とチルト誤差信号を所定値とする面とに囲まれる立体の重心となる2方向のチルト角に対する補正量を、最適な補正量とすることを特徴とした請求項8記載の光ディスク装置。

【請求項11】 前記最適チルト補正量探索手段は、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量と前記チルト誤差信号生成手段の出力であるチルト誤差信号とにより構成される3次元空間において、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量を変化させてチルト誤差信号を計測したチルト誤差信号特性の形状を判定する特性形状判定手段を備え、前記特性形状判定手段の判定に基づいて2方向のチルト角に対する補正量を探索することを特徴とした請求項2記載の光ディスク装置。

【請求項12】 前記特性形状判定手段は、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量と前記チルト誤差信号生成手段の出力であるチルト誤差信号とにより構成される3次元空間において、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量を変化させてチルト誤差信号を計測したチルト誤差信号特性とチルト誤差信号を所定値とする面との交線に囲まれる平面図形の面積に基づいてチルト誤差信号特性の形状を判定することを特徴とした請求項11記載の光ディスク装置。

【請求項13】 前記特性形状判定手段は、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量と前記チルト誤差信号生成手段の出力であるチルト誤差信号とにより構成される3次元空間において、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量を変化させてチルト誤差信号を計測したチルト誤差信号特性とチルト誤差信号を所定値とする面との交線に囲まれる平面図形の面積と平面図形に外接する長方形の面積との比に基づいてチルト誤差信号特性の形状を判定することを特徴とした請

求項11記載の光ディスク装置。

【請求項14】 前記特性形状判定手段は、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量と前記チルト誤差信号生成手段の出力であるチルト誤差信号とにより構成される3次元空間において、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量を変化させてチルト誤差信号を計測したチルト誤差信号特性とチルト誤差信号を所定値とする面との交線に囲まれる平面図形の面積とチルト誤差信号特性とチルト誤差信号を所定値とする面とに囲まれる立体の体積との比に基づいてチルト誤差信号特性の形状を判定することを特徴とした請求項11記載の光ディスク装置。

【請求項15】 前記最適チルト補正量探索手段は、前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量を変化させて前記チルト誤差信号生成手段の出力であるチルト誤差信号を計測してチルト誤差信号と前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量との関係に関数に近似する関数近似手段を備え、前記特性形状判定手段の判定に応じて前記関数近似手段により近似した関数に基づいて最適な2方向のチルト角に対する最適な補正量を探索することを特徴とした請求項11から請求項14のいずれかに記載の光ディスク装置。

【請求項16】 前記最適チルト補正量探索手段は、前記特性形状判定手段の判定に応じて前期チルト誤差信号生成手段の出力が略略最小あるいは略略最大となる前記チルト補正手段の2方向のチルト角に対する補正量の範囲の中心を最適な補正量とすることを特徴とした請求項11から請求項14のいずれかに記載の光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ等の光源を用いて光学的に記録媒体上に信号を記録し、またはこの記録された信号を再生する光ディスク装置に関し、特に光ディスクのチルト補正方法ならびに光ディスク装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の光ディスク装置におけるチルト補正の一例として、例えば特開平8-293126号公報（チルト制御装置）に示されるように、チルト制御目標位置をジッタが最小となるように補正するものが知られている。図11は従来の光ディスク装置の概略構成を示すブロック図である。光ピックアップ111は、レーザ発光素子、収束レンズ、およびアクチュエータを有しており、収束された光ビーム112を光ディスク101上に照射する。光ピックアップ111はさらに受光素子を有しており、光ディスク101の情報記録面において反射され受光素子に入射する光ビームを受光し、光ディスク101上に記録された情報に対応するRF信号を2値化回路121に出力する。

【0003】2値化回路121はRF信号を適当なスライスレベルで2値化する。2値化した信号はジッタ検出回路122に入力され、ジッタ検出回路122はその2値化した信号のジッタを検出しジッタ信号としてDSP（デジタルシグナルプロセッサ）130に出力する。DSP130はジッタ信号のレベルを内蔵のAD変換器135によって検出することができる。以下の説明では、DSP130内部における検出したジッタ信号のレベルをジッタ値と称す。

【0004】チルトセンサ142は光ディスク101の情報記録面の法線と光ビーム112の光軸との角度を検出し、その角度に相当するチルト信号をチルト制御回路143に出力する。チルト制御回路143は入力されたチルト信号と、後述するDSP130より入力されるチルト制御目標信号に基づきチルト駆動信号をチルト機構141に出力する。チルト機構141はチルト制御回路143から入力されるチルト駆動信号に応じて光ディスク101に対して光ピックアップ111の角度を変化させる。このようにして光ディスク101の情報記録面の法線と光ビーム112の光軸との角度が所望値となるように制御を行うチルト制御が構成、動作される。

【0005】DSP130は内蔵のDA変換器138から前述のチルト制御の目標に相当するチルト制御目標信号をチルト制御回路143に出力する。チルト制御回路143は入力されたチルト制御目標信号とチルト信号が一致するようにチルト制御を行う。以下の説明では、DSP130内部におけるチルト制御目標信号のDA変換前の値をチルト制御目標値と称す。

【0006】次に上記構成において最適なチルト制御の目標を探索する手順について説明する。DSP130のプログラムで実現する機能であるチルト検出信号計測部131は、予め決められたチルト制御目標値をDSP130内蔵のDA変換器138によりチルト制御目標信号としてチルト制御回路143に出力しチルト制御の目標を変化させ、ジッタ信号をAD変換器135で取り込み、そのときのチルト制御目標値とジッタ値とをDSP130内蔵のメモリ132に保存する。チルト検出信号計測部131は、チルト制御目標値を所定範囲にわたり変化させて上記計測動作を繰り返し行う。

【0007】DSP130のプログラムで実現する機能である最適チルト補正量探索部133は、チルト検出信号計測部131により計測しメモリ132に保存されたチルト制御目標値とジッタ値の関係からジッタ値が最小となるチルト制御目標値を最適値として求め、そのチルト制御目標値に相当するチルト制御目標信号をチルト制御回路143に出力する。以上の動作手順により、チルト制御回路143はジッタ信号が最小となる制御目標でチルト制御を行う。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来技術では、例えば

ディスクの径方向（ラジアル）と円周方向（タンジェンシャル）との2方向における最適なチルト制御の目標を探索する場合に、チルト機構141を2方向のチルト補正に対応した構成とし、ラジアルとタンジェンシャル各々の方向について上記手順と同様にジッタ値が最小となるチルト制御目標値の探索を行う。しかしながらこの方法では以下に説明するような問題があった。

【0009】図9（a）はラジアルとタンジェンシャルの2方向のチルト制御目標値に対するジッタ値の特性をそのジッタ値の等高線で表したもので、横軸はラジアルのチルト制御目標値、縦軸はタンジェンシャルのチルト制御目標値であり、点Oはジッタ値が最小となる最適な2方向のチルト制御目標値である点を示す。図9（b）は図9（a）の特性に対するタンジェンシャルのチルト制御目標値がT10およびT11となる状態におけるラジアルのチルト制御目標値に対するジッタ値の特性である。ここで、タンジェンシャルのチルト制御目標値がT10で最適なチルト制御目標値T11からずれている場合には、図9（b）に示すようにジッタ値が最小となるラジアルのチルト制御目標値R10においてチルト制御目標値の変化 Δr に対するジッタ値の変化 Δj は小さくなる。つまり、ラジアルのチルト制御目標値に対するジッタ値の感度が小さくなるため、ジッタ値を最小とするチルト制御目標値の探索精度が悪化するという問題があった。

【0010】また、図10（a）はラジアルとタンジェンシャルの2方向のチルト制御目標値に対するジッタ値の特性をジッタ値の等高線で表したもので、横軸はラジアルのチルト制御目標値、縦軸はタンジェンシャルのチルト制御目標値であり、点Oはジッタ値が最小となる最適な2方向のチルト制御目標値である点を示す。図10（b）は図10（a）の特性に対するタンジェンシャルのチルト制御目標値がT20およびT21である状態におけるラジアルのチルト制御目標値に対するジッタ値の特性である。ここで、タンジェンシャルのチルト制御目標値がT20で最適なチルト制御目標値T21からずれている場合には、図10（b）に示すようにラジアルについてジッタ値が最小となるチルト制御目標値がR20となり、最適なラジアルのチルト制御目標値R21からずれる。

【0011】従って、1方向のジッタ値が最小となる探索では、図10（a）において探索前にジッタ値が最小となる点Oから2方向のチルト制御目標値がずれている点Aである場合に、最初にラジアルのチルト制御目標値を探索して点B、次にタンジェンシャルのチルト制御目標値を探索して点C、次にラジアルのチルト制御目標値を探索して点D、…というようにラジアルとタンジェンシャルそれぞれチルト制御目標値の探索を交互に繰り返す必要がある。このためジッタ値が最小となる最適な2方向のチルト制御目標値を探索する時間が増大するとい

う問題があった。

【0012】本発明は上記課題を解決するために、2方向のチルト補正量についてチルト検出信号の計測を行い、2方向のチルト補正量とジッタ値とで構成される3次元空間における特性から2方向の最適なチルト補正量を求めることによって、高速かつ高精度にチルト補正量の探索を行う光ディスク装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために、本発明は、記録担体の情報記録面と光ビームの光軸との間に生じる2方向のチルト角に応じて変化するチルト誤差信号を生成し、記録担体の情報記録面と光ビームの光軸との間に生じる2方向のチルト角を変化させて、チルト誤差信号と2方向のチルト角に対する補正量とにより構成される3次元空間における特性に基づいて最適な補正量を探索決定することを特徴とした光ディスクのチルト補正方法である。

【0014】また、本発明は、記録担体に光学的に情報の記録再生を行う装置であって、記録担体の情報記録面と光ビームの光軸との間に生じる2方向のチルト角に応じて変化する信号を生成するチルト誤差信号生成手段と、記録担体の情報記録面と光ビームの光軸との間に生じる2方向のチルト角を補正するチルト補正手段と、前記チルト誤差信号生成手段の信号と前記チルト補正手段を駆動する2方向のチルト角に対する補正量とにより構成される3次元空間における特性に基づいて最適な補正量を探索決定する最適チルト補正量探索手段とを備えた光ディスク装置である。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明による光ディスク装置の実施の形態について、その構成を示すブロック図である図1を用いて説明する。なお、以下の説明では、従来の技術と同一の構成要素には同一の参照符号を付し、その説明は省略する。

【0016】DSP130は内蔵のAD変換器135によって検出したジッタ信号レベルに相当するジッタ値に基づいて、内蔵のDA変換器1381からラジアルとタンジェンシャルの2方向のチルト駆動信号をチルト機構1411に出力する。チルト機構1411は入力された2方向のチルト駆動信号に基づいて光ディスク101の情報記録面と光ビーム112の光軸との2方向の角度（ラジアル方向とタンジェンシャル方向の角度）を変化させる。DSP130はジッタ値が最小となる2方向のチルト駆動信号を出力し、光ディスク101の情報記録面と光ビーム112の光軸との角度をジッタ信号のレベルが最小となるようにチルト機構1411を動作させる。

【0017】以下の説明では、DSP130内部におけるチルト駆動信号のDA変換前の値をチルト駆動値と称

す。また、最も品質の高い再生信号が得られるジッタ値が最小となるようなチルト駆動値を最適チルト駆動値と称す。

【0018】以下、実施の形態における動作を図2のフローチャートを用いて説明する。以下の説明では、図2のフローチャートの各ステップに対応する説明では、図2のフローチャートに記載した番号を付記する。DSP130のプログラムで実現する機能であるチルト検出信号計測部1311は、予め決められた2方向のチルト駆動値をDSP130内蔵のDA変換器1381により2方向のチルト駆動信号としてチルト機構1411に出力し(S101)、AD変換器135によりジッタ信号のレベルをジッタ値として取り込み(S102)、そのときの2方向のチルト駆動値とジッタ値とをDSP130内蔵のメモリ132に保存する(S103)。

【0019】チルト検出信号計測部1311は、2方向のチルト駆動値を各々所定範囲にわたり上記計測動作を繰り返し行い、図3(a)に示すように2方向のチルト駆動値とジッタ値とにより構成する3次元空間における特性を計測する(S104)。図3(a)はラジアルおよびタンジェンシャルのチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間を表す図で、網目状の表示の各交点は、チルト検出信号計測部1311で計測した2方向のチルト駆動値の計測ポイントに対するジッタ値の計測値を示す点であり、それらの点のうち点O31はジッタ値が最小となる点である。この図3(a)では所定範囲の2方向のチルト駆動値について各々5点、合計25点のジッタ値の計測を繰り返し行った場合の特性である。

【0020】DSP130のプログラムで実現する機能である最適チルト駆動値探索部1331は、チルト検出信号計測部1311により計測しメモリ132に保存された2方向のチルト駆動値とジッタ値とからジッタ値が最小となる2方向のチルト駆動値を探索する(S105)。探索した2方向のチルト駆動値に相当する2方向のチルト駆動信号をチルト機構1411に出力する(S106)。

【0021】次に図2のS105におけるジッタ値が最小となるチルト駆動値を探索する方法について詳細に説明する。最適チルト駆動値探索部1331はメモリ132に保存された25組の2方向のチルト駆動値とジッタ値より、ジッタ値が最小となる2方向のチルト駆動値を探索し、その2方向のチルト駆動値を最適チルト駆動値として抽出し決定する。つまり、図3(a)におけるジッタ値の計測値を互いに比較し、全ての計測値のうち最小となる点O31の2方向のチルト駆動値を最適チルト駆動値として求めるのである。

【0022】以上に説明した方法によって、ジッタ値が最小となる2方向のチルト駆動値を探索する前のチルト駆動値が最適チルト駆動値からずれていても、2方向のチルト駆動値を変化させてジッタ値が最小となる2方向

のチルト駆動値を探索することができる。

【0023】さらに、図2のS105のジッタ値が最小となるチルト駆動値の探索において、チルト検出信号計測部1311が計測した2方向のチルト駆動値のステップより高精度で最適チルト駆動値を探索する方法に、以下に説明するような関数近似を用いて最適チルト駆動値を探索する方法がある。最適チルト駆動値探索部1331は、メモリ132に保存された2方向のチルト駆動値に対するジッタ値の特性を2元関数に近似し、近似した関数のジッタ値が最小となる2方向のチルト駆動値を計算し、それを最適チルト駆動値として決定する。

【0024】具体的には、近似する関数に、ジッタ値を2方向のチルト駆動値の多項式、2方向のチルト駆動値を r および t 、ジッタ値を j として以下の(数1)で表される関数を用いる。ただし k_1 から k_6 は任意の定数である。

【0025】

【数1】

$$k_1 r^2 + k_2 t^2 + k_3 r t + k_4 r + k_5 t + k_6 = j$$

【0026】ここで(数1)の k_1 から k_6 の定数は、メモリ132に保存された2方向のチルト駆動値とジッタ値の組み合わせのうち、任意の6組を(数1)に代入して、 k_1 から k_6 についての6元1次連立方程式を解くことで求める。ここで求めた関数は図3(b)において格子状の曲面で示すような2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間における特性となり、図3(a)における計測ポイントのステップより高精度でジッタ値が最小となる点O32の2方向のチルト駆動値を計算して求められる。

【0027】つまり、(数1)は r および t それぞれについて2次の関数であり、ジッタ値 j が最小となる条件は、(数1)の左辺を r および t それぞれについて偏微分して求めた式が0となる条件、つまり以下の(数2)および(数3)を満たす。

【0028】

【数2】

$$2k_1 r + k_3 t + k_4 = 0$$

【0029】

【数3】

$$2k_2 t + k_3 r + k_5 = 0$$

【0030】ここで、(数2)および(数3)を r および t について解くと、以下の(数4)および(数5)となる。

【0031】

【数4】

$$r = \frac{k_3 k_5 - 2k_2 k_4}{4k_1 k_2 - k_3^2}$$

【0032】

【数5】

$$t = \frac{k_3 k_4 - 2k_1 k_5}{4k_1 k_2 - k_3^2}$$

【0033】ジッタが最小となる2方向のチルト駆動値は、(数4)および(数5)に k_1 から k_5 を代入して計算して求める。

【0034】さらに、特異値分解を用いて(数1)の関数の係数 k_1 から k_6 を最小二乗法で求める計算方法に

$$\begin{cases} r_1^2 k_1 + t_1^2 k_2 + r_1 t_1 k_3 + r_1 k_4 + t_1 k_5 + k_6 = j_1 \\ r_2^2 k_1 + t_2^2 k_2 + r_2 t_2 k_3 + r_2 k_4 + t_2 k_5 + k_6 = j_2 \\ \vdots \\ r_n^2 k_1 + t_n^2 k_2 + r_n t_n k_3 + r_n k_4 + t_n k_5 + k_6 = j_n \end{cases} \quad \text{M}$$

【0036】メモリ132に保存された n 組の2方向のチルト駆動値 r_1 から r_n および t_1 から t_n とジッタ値 j_1 から j_n を用いて行列式を考える。(数6)の定数 k_1 から k_6 を列の要素とした6行1列の行列 K に対して、

【0037】

【数7】

$$K = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \\ k_6 \end{pmatrix}$$

【0038】メモリ132の保存された n 組の2方向のチルト駆動値 r_1 から r_n および t_1 から t_n を(数6)に代入し、(数6)における k_1 から k_6 についての係数を計算して行の要素として構成した n 行6列の行列 A

【0039】

【数8】

$$A = \begin{pmatrix} r_1^2 & t_1^2 & r_1 t_1 & r_1 & t_1 & 1 \\ r_2^2 & t_2^2 & r_2 t_2 & r_2 & t_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_n^2 & t_n^2 & r_n t_n & r_n & t_n & 1 \end{pmatrix}$$

について説明する。この方法を用いれば、上述の6元1次連立方程式を解く方法よりも、最小二乗法で計算した関数から高精度で2方向の最適チルト駆動値を求めることができる。上述の方法では6組の2方向のチルト駆動値とジッタ値との組み合わせから(数1)の係数を求めたが、以下に説明する方法では6組以上の組み合わせから(数1)の係数を最小二乗法で求める。まず、(数1)にメモリ132に保存された n 組の2方向のチルト駆動値とジッタ値とを代入(n は6以上の自然数とする)し、以下の(数6)のように表される k_1 から k_6 についての6元1次連立方程式として考える。

【0035】

【数6】

【0040】および、メモリ132に保存された n 個のジッタ値 j_1 から j_n を列の要素とした n 行1列の行列 J

【0041】

【数9】

$$J = \begin{pmatrix} j_1 \\ j_2 \\ \vdots \\ j_n \end{pmatrix} \quad \text{M}$$

【0042】とすると、(数6)の連立方程式は以下の(数10)で表される。

【0043】

【数10】

$$A \cdot K = J$$

【0044】ここで U を n 行6列の列直交行列、 w を6行6列の対角行列、 V を6行6列の直交行列として、行列 A は特異値分解により以下の(数11)で表される。特異値分解については本技術分野に従事する者にとり一般に公知であり、その詳細については「NUMERICAL RECIPES in C」(William H. Press et al. 著、Cambridge University Press 出版、1988年)等の文献に記載されているので、本実施の形態での説明は省略する。

【0045】

【数11】

$$A = U \cdot w \cdot V^T$$

【0046】(数10)と(数11)より以下の(数12)が導かれる。この(数12)を用いて行列 A を特異値分解した行列 U および V と特異値の行列 w 、ジッタ値の行列 J とから行列 K を計算する。

【0047】

【数12】

$$K = V \cdot w^{-1} \cdot U^T \cdot J$$

【0048】ここで(数12)で計算される行列Kは連立方程式(数10)の最小二乗解となり、この行列Kの要素である k_1 から k_6 を(数1)に代入すれば、最小二乗法によって計算された係数を用いた2方向のチルト駆動値 r 、 t に対するジッタ値 j についての近似関数を得る。求めた近似関数の係数 k_1 から k_5 を(数4)および(数5)に代入することで、近似関数においてジッタ値が最小となる2方向のチルト駆動値を求め、これを最適チルト駆動値とする。以上に説明した方法により、最小二乗法によって求めた近似関数により高精度でジッタ値が最小となる2方向のチルト駆動値を探索できる。

【0049】さらに、上述した特異値分解の計算を省略する方法について以下に説明する。チルト検出信号計測部1311においてジッタ値を計測する2方向のチルト駆動値の組み合わせを予め決めておき、その決められた2方向のチルト駆動値 r_1 から r_n 、 t_1 から t_n を用いて(数8)より計算される行列Aは不変である。その行列Aを(数11)で表される特異値分解した行列U、 w 、 V も不変であり、予め計算した行列U、 w 、 V をDSP130内蔵のメモリ132に保存しておく。その保存した行列U、 w 、 V とステップ103で計測してメモリ132に保存されたジッタ値とから(数12)を用いて近似関数を求めるよう最適チルト探索部1331を構成することで、複雑な特異値分解の計算をする必要がなくなる。

【0050】以上に説明した方法により、複雑な最小二乗法による関数近似計算を大幅に軽減した上で、最小二乗法による近似関数を用いることでジッタ値の計測誤差の影響を軽減して最適チルト駆動値の探索を高精度で実現できる。

【0051】次に実施の形態における最適チルト駆動値の探索方法をさらに改善する方法について説明する。図4および図5は、ラジアルおよびタンジェンシャルのチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間における特性を格子状の曲面で表した図である。図4の点O4、図5の点O5は格子状の曲面で表した特性におけるジッタ値が最小となる点であり、それらのジッタ値が最小となる点を囲む同心円状の線は同じジッタ値を示す等高線である。図4および図5の格子状の曲面で表した特性において点線で囲まれた部分は、ジッタ値がほぼ一定で変化しない平滑部分を示す。

【0052】図4はジッタ値が最小となる点が平滑部分のほぼ中央に存在し、図5はジッタ値が最小となる点が平滑部分の中央よりずれて偏った位置に存在する特性である。まず、図4の点線で囲まれた平滑部分のある鍋底状の特性の場合を考える。この平滑部分ではジッタ値がほぼ一定で変化しないため、チルト検出信号計測部13

11によるジッタ値の計測における計測誤差が平滑部分のジッタ値の変化に比べて無視できなくなる。このとき平滑部分の境界付近におけるジッタ値を計測し最適チルト駆動値探索部1331によってジッタ値が最小となる2方向のチルト駆動値を探索すると、平滑部分の境界付近を最適チルト駆動値と決定してしまう。

【0053】また、図5のようにジッタ値が最小となる2方向の駆動値が平滑部分に対して偏った点O5にあるような特性の場合に、最適チルト駆動値探索部1331はジッタ値が最小となる2方向のチルト駆動値を探索し、点O5を最適チルト駆動値と決定してしまう。以上のような場合には、平滑部分の境界付近を最適チルト駆動値と決定し、そのチルト駆動値に相当するチルト駆動信号によってチルト機構1411を動作させることになる。このときのデメリットについて説明する。

【0054】図6(a)はラジアルとタンジェンシャルのチルト駆動値に対して上述の3次元特性の曲面における平滑部分となる範囲を示し、点O60は平滑部分のほぼ中央付近の点、点O61は平滑部分の境界付近の点の1つである。図6の点O61のように、平滑部分の境界付近を最適チルト駆動値とした場合は、ラジアルのチルト駆動値 ΔR_{o61} 以上に相当するチルト変化で、ジッタ値がほぼ一定で変化しない平滑部分を超えてしまい、ジッタ値が大きく変化する、つまりわずかなチルト変動で再生信号の品質が大きく悪化することになる。

【0055】一方、平滑部分の中央付近の点O60を最適チルト駆動値とした場合は、ラジアルのチルト駆動値 ΔR_{o60} 以上に相当するチルト変化で初めてジッタ値がほとんど変化しない平滑部分を超えることになるが、 ΔR_{o61} に相当するチルト変化よりも大きな ΔR_{o60} に相当するチルト変化までジッタ値がほぼ一定で変化しない。そのため最適チルト駆動値を平滑部分の中心となる点O60とした方がチルトマージンを大きくとることができる。これを実現する方法について説明する。最適チルト駆動値探索部1331は、安定して品質の良い再生信号が得られるジッタ値以下となる2方向のチルト駆動値の範囲を求め、その範囲の中心である2方向のチルト駆動値を探索する。

【0056】具体的には、メモリ132に保存された2方向のチルト駆動値とジッタ値とからジッタ値が所定のしきい値以下となる2方向のチルト駆動値において、ラジアル方向のチルト駆動値の最大値 r_{max} と最小値 r_{min} およびタンジェンシャル方向のチルト駆動値の最大値 t_{max} と最小値 t_{min} を求める。その最大値と最小値のチルト駆動値の平均である $(r_{max} + r_{min}) / 2$ および $(t_{max} + t_{min}) / 2$ を、それぞれラジアルおよびタンジェンシャル方向の最適チルト駆動値として相当するチルト駆動信号をDA変換器1381から出力する。この最適チルト駆動値は、実質2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間に

における特性とジッタ値が所定の値(しきい値)となる平面との交線で囲まれる平面図形に外接する長方形の中心となる2方向のチルト駆動値を求めるのである。

【0057】図6(b)はラジアルとタンジェンシャルのチルト駆動値に対して、上述の領域とそれに外接する長方形を示し、点O62はその長方形の中心であり、ラジアルとタンジェンシャルのチルト駆動値はそれぞれ $(r_{\max} + r_{\min}) / 2$ および $(t_{\max} + t_{\min}) / 2$ となる。以上に説明した方法により、図4や図5のような鍋底状の特性における平滑部分の境界付近ではなく、図6(b)に示す平面図形に外接する長方形の中心O62に相当する点を最適チルト駆動値とすることができ、大きなチルト変化に対して品質の良い再生信号

$$r_{ave} = (r_1 + r_2 + \dots + r_n) / n \quad \dots (13)$$

$$t_{ave} = (t_1 + t_2 + \dots + t_n) / n \quad \dots (14)$$

となる。

【0059】このラジアルとタンジェンシャルのチルト駆動値の平均値 r_{ave} および t_{ave} を最適チルト駆動値として相当するチルト駆動信号をDA変換器1381から出力する。このとき最適チルト駆動値は、実質2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間における特性とジッタ値がしきい値となる平面との交線で囲まれる平面図形の重心における2方向のチルト駆動値に相当する。

【0060】図7はラジアルとタンジェンシャルの駆動値に対して、上述のジッタ値がしきい値となる平面における平面図形を示し、点線はその平面図形を囲む長方形、G7は平面図形の重心、O7は平面図形を囲む長方形の中心O7において、ラジアル方向のチルト変化を考えると、ラジアルのチルト駆動値 ΔR_{O7} に相当するチルト変化でジッタ値がしきい値を超えてしまうが、図7の平面図形の重心G7においては、ラジアルのチルト駆動値 ΔR_{G7} に相当するチルト変化で初めてジッタ値がし

$$r_{ave} = (r_1 \times \Delta j_1 + r_2 \times \Delta j_2 + \dots + r_n \times \Delta j_n) / (\Delta j_1 + \Delta j_2 + \dots + \Delta j_n) \quad \dots (15)$$

$$t_{ave} = (t_1 \times \Delta j_1 + t_2 \times \Delta j_2 + \dots + t_n \times \Delta j_n) / (\Delta j_1 + \Delta j_2 + \dots + \Delta j_n) \quad \dots (16)$$

となる。

【0063】このラジアルとタンジェンシャルのチルト駆動値の平均値 r_{ave} および t_{ave} を最適チルト駆動値として相当するチルト駆動信号をDA変換器1381から出力する。このとき最適チルト駆動値は、実質2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間における特性とジッタ値がしきい値JLとなる平面とで囲まれる立体図形の重心における2方向のチルト駆動値に相当する。このジッタ値に基づいた加重平均を用いた方法により、2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間における特性とジッタ値がしきい値JLとなる平面との交線で囲まれる平面図形の重心より

を安定して得ることができる。

【0058】また、最適チルト駆動値探索部1331は、2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間において、安定して品質の良い再生信号が得られるジッタ値以下となる2方向のチルト駆動値の領域の重心を探索してもよい。具体的にはメモリ132に保存された2方向のチルト駆動値とジッタ値とからジッタ値が所定のしきい値以下となる2方向のチルト駆動値の組み合わせの数をn、その組み合わせのラジアルとタンジェンシャルのチルト駆動値を $r_i, t_i (i=1, 2, \dots, n)$ とすると、全ての組み合わせのチルト駆動値の平均値 r_{ave} および t_{ave} は、

しきい値を超え、再生信号の品質が悪化することになる。つまり平面図形に外接する長方形の中心O7よりも平面図形の重心G7における2方向のチルト駆動値の方が、より大きいチルト変化に対して品質の良い再生信号を安定して得ることができる。

【0061】また最適チルト駆動値探索部1331は、2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間の特性において、安定して品質の良い再生信号が得られるジッタ値以下となる立体図形の重心を探索してもよい。具体的には、メモリ132に保存された2方向のチルト駆動値とジッタ値とからジッタ値が所定のしきい値JL以下となる2方向のチルト駆動値の組み合わせの数をn、その組み合わせのラジアルとタンジェンシャルのチルト駆動値とジッタ値を $r_i, t_i, j_i (i=1, 2, \dots, n)$ とする。またしきい値JLから各組み合わせのジッタ値 j_i を引いた値を $\Delta j_i = JL - j_i (i=1, 2, \dots, n)$ とする。

【0062】全ての組み合わせにおけるチルト駆動値の Δj_i に基づく加重平均値 r_{ave} および t_{ave} は、

も、立体図形の重心における2方向のチルト駆動値の方が、ジッタ値が小さい値となり品質の良い再生信号を得ることができる。

【0064】以上に説明した方法は、図3の特性の場合には関数近似などを用いてジッタ値が最小となるチルト駆動値を探索し、図4および図5の特性の場合には平滑部分の中心を探索するものである。ここで、以上に説明した関数近似を用いた探索方法または中心や重心などを求める探索方法のいずれを用いるかを、メモリ132に保存された2方向のチルト駆動値とジッタ値に基づいて選択して決定する特性形状判定の方法について図8のフローを用いて説明する。

【0065】最適チルト駆動値探索部1331は、メモリ132に保存された2方向のチルト駆動値とジッタ値との組み合わせから最小となるジッタ値 j_{min} を求める(S302)。所定値JSを加えたジッタ値 $j_{min} + JS$ 以下となる組み合わせの数 n 、実質、2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間における特性とジッタ値が $j_{min} + JS$ となる平面との交線に囲まれる平面図形の面積に相当するものを求める(S303)。組み合わせの数 n が所定値以上の場合には2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間における特性が図4のように平滑部分の存在する鍋底状の特性であると判定する(S304, S305, S306)。

【0066】次に、この特性形状判定の結果に基づいた方法で最適チルト駆動値を探索する。特性形状判定において、鍋底状の特性であると判断した場合には3次元空間におけるジッタ値の特性の平滑部分の中心における2方向のチルト駆動値を探索し(S308)、鍋底状の特

$$Sa = (r_{max} - r_{min}) \times (t_{max} - t_{min}) \cdots (17)$$

組み合わせの数 n は、実質、2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間における特性とジッタ値が $j_{min} + JS$ となる平面との交線に囲まれる平面図形の面積に相当し、積 Sa はその平面図形に外接する長方形に相当する。求めた組み合わせの数と積との比が所定値以上の場合には鍋底状の特性であると判断する方法でもよい。

【0069】また、特性形状判定の方法は、メモリ13

$$\Delta j_i = j_{min} + JS - j_i \cdots (18)$$

$$Ssum = \Delta j_1 + \Delta j_2 + \cdots + \Delta j_n \cdots (19)$$

組み合わせの数 n は、実質、前者は2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間における特性とジッタ値が $j_{min} + JS$ となる平面との交線に囲まれる平面図形の面積に相当し、ジッタ値の差 Δj_i の合計 $Ssum$ は2方向のチルト駆動値とジッタ値とで構成される3次元空間における特性とジッタ値が $j_{min} + JS$ となる平面とに囲まれる立体図形の体積に相当する。求めた組み合わせの数 n とジッタ値の差 Δj_i の合計 $Ssum$ との比が所定値以上の場合には鍋底状の特性であると判断する方法でもよい。

【0071】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば2方向のチルト駆動値の探索を同時に行うため、各方向のチルト駆動値の影響を受けず、繰り返し補正する必要が無く、高速かつ高精度の2方向のチルト補正が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における光ディスク装置の構成を示すブロック図

【図2】本発明の実施の形態における最適チルト駆動値探索のフローチャート

【図3】本発明の実施の形態を説明するための2方向の

性でないと判断した場合にはジッタ値が最小となる2方向のチルト駆動値を探索する(S307)。それぞれの場合において探索したチルト駆動値を最適チルト駆動値とすることで、光ディスク101の特性によって図3に限らず図4および図5のような鍋底状の特性となる可能性があっても、品質の良い再生信号を安定して得ることができる。

【0067】また、特性形状判定の方法は、メモリ132に保存された2方向のチルト駆動値とジッタ値との組み合わせから最小となるジッタ値 j_{min} に所定値JSを加えたジッタ値 $j_{min} + JS$ 以下となる組み合わせの数 n 、その組み合わせのうちラジアル方向のチルト駆動値の最大値 r_{max} と最小値 r_{min} およびタンジェンシャル方向のチルト駆動値の最大値 t_{max} と最小値 t_{min} を求め、2方向それぞれのチルト駆動値の最大と最小との差の積 Sa を求める。

【0068】

2に保存された2方向のチルト駆動値とジッタ値との組み合わせから最小となるジッタ値 j_{min} に所定値JSを加えたジッタ値 $j_{min} + JS$ 以下となる組み合わせの数と、その組み合わせにおけるジッタ値 j_i ($i = 1, 2, \dots, n$)と $j_{min} + JS$ との差 Δj_i の合計 $Ssum$ を求める。

【0070】

チルト駆動値に対するジッタ値変化を示す3次元空間特性図

【図4】本発明の実施の形態を説明するための鍋底状の2方向のチルト駆動値に対するジッタ値変化を示す3次元空間特性図

【図5】本発明の実施の形態を説明するための偏った形状の2方向のチルト駆動値に対するジッタ値変化を示す3次元空間特性図

【図6】本発明の実施の形態を説明するための2方向のチルト駆動値に対するジッタ値の変化を示す特性図

【図7】本発明の実施の形態を説明するための2方向のチルト駆動値に対するジッタ値の変化を示す特性図

【図8】本発明の実施の形態を説明するための特性形状判定による最適チルト駆動値探索のフローチャート

【図9】従来の技術を説明するための2方向のチルト制御目標値に対するジッタ値の変化を示す特性図

【図10】従来の技術を説明するための2方向のチルト制御目標値に対して従属であるジッタ値の変化を示す特性図

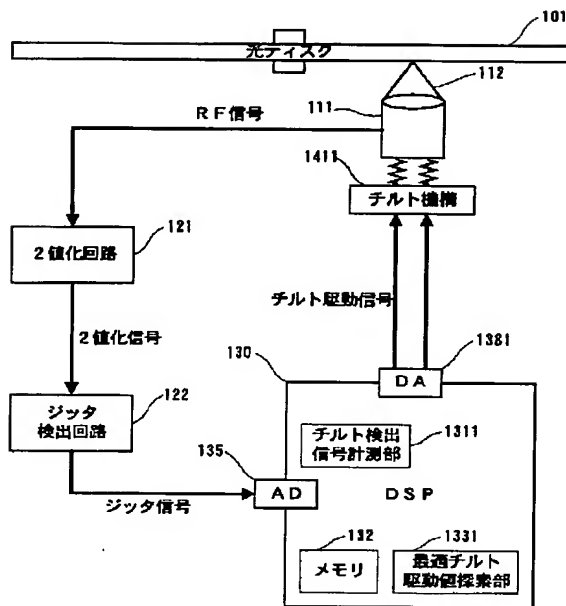
【図11】従来の技術における光ディスク装置の構成を示すブロック図

【符号の説明】

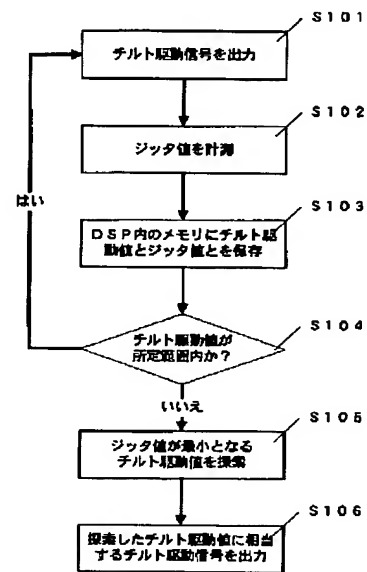
101 ディスク
 111 光ピックアップ
 112 光ビーム
 121 2値化回路
 122 ジッタ検出回路
 130 DSP (デジタルシグナルプロセッサ)
 131 チルト検出信号計測部
 1311 チルト検出信号計測部 (2方向)
 132 メモリ

133 最適チルト補正量探索部
 1331 最適チルト駆動値探索部
 135 AD変換器 (ジッタ信号入力)
 138 DA変換器 (チルト制御目標信号出力)
 1381 DA変換器 (チルト駆動信号出力)
 141 チルト機構
 1411 チルト機構 (2方向)
 142 チルトセンサ
 143 チルト制御回路

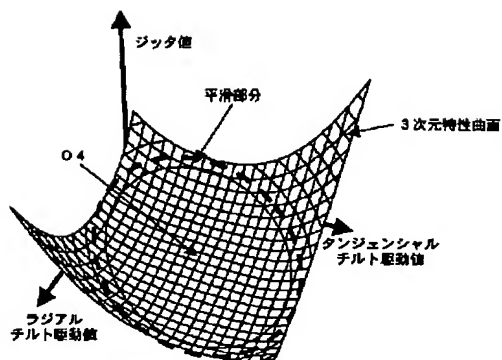
【図1】



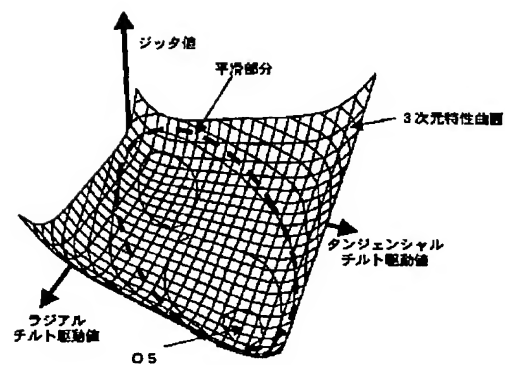
【図2】



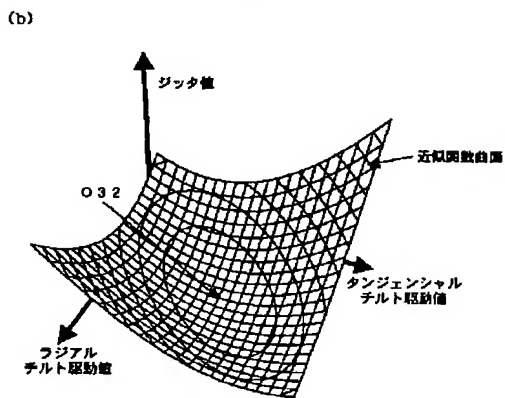
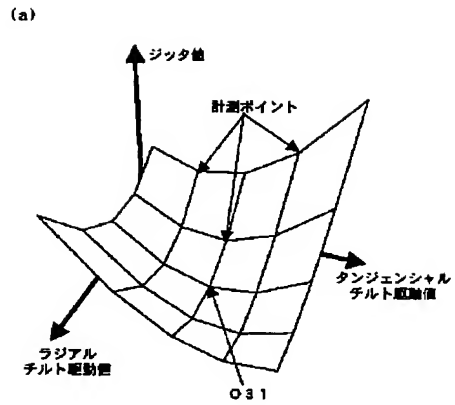
【図4】



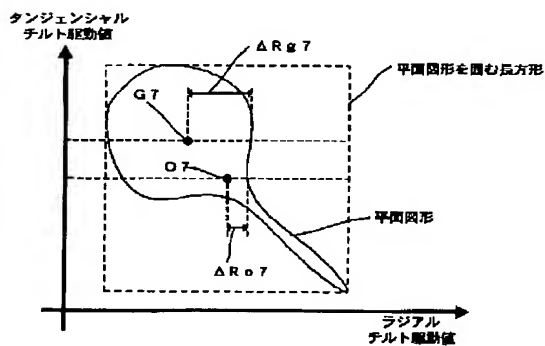
【図5】



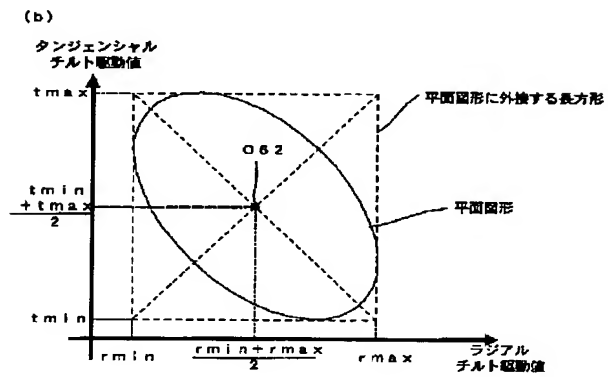
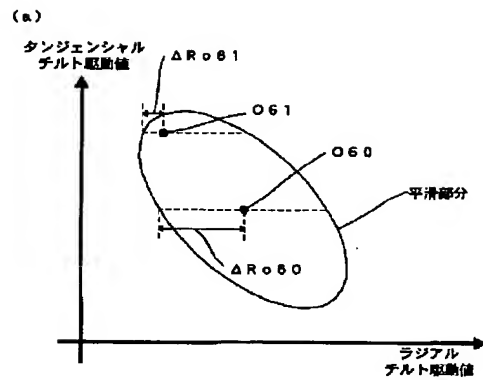
【図3】



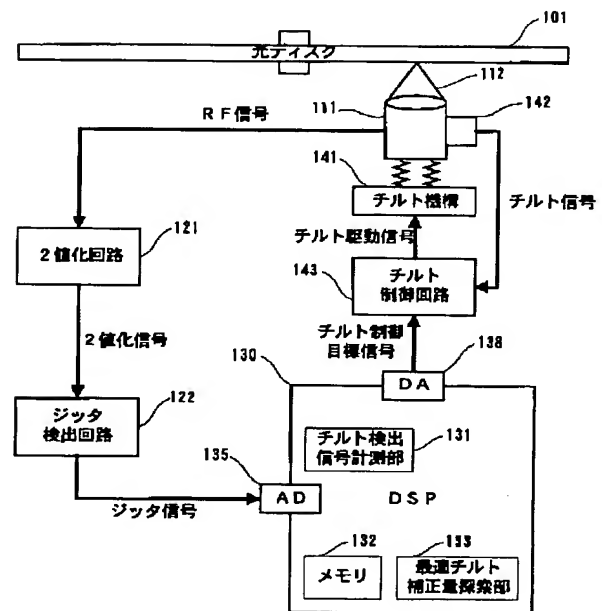
【図7】



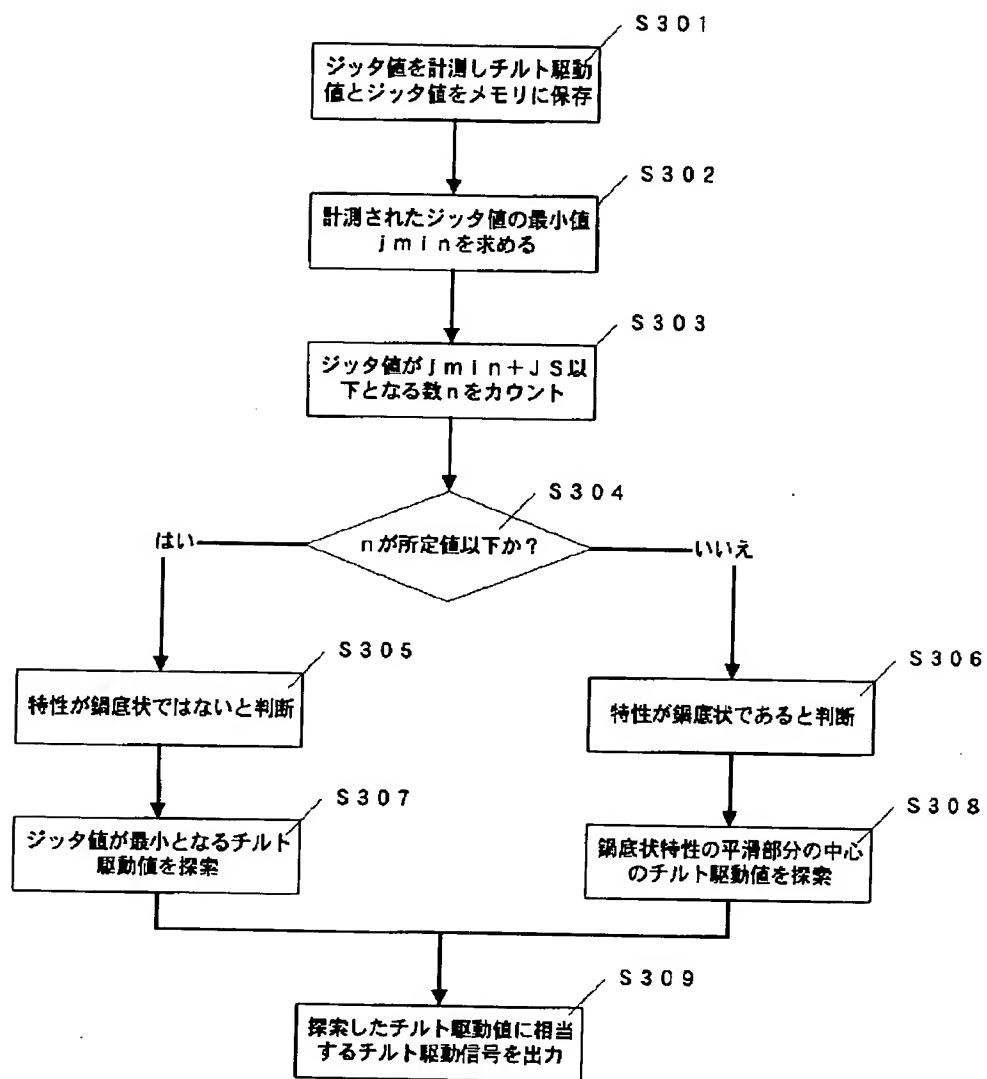
【図6】



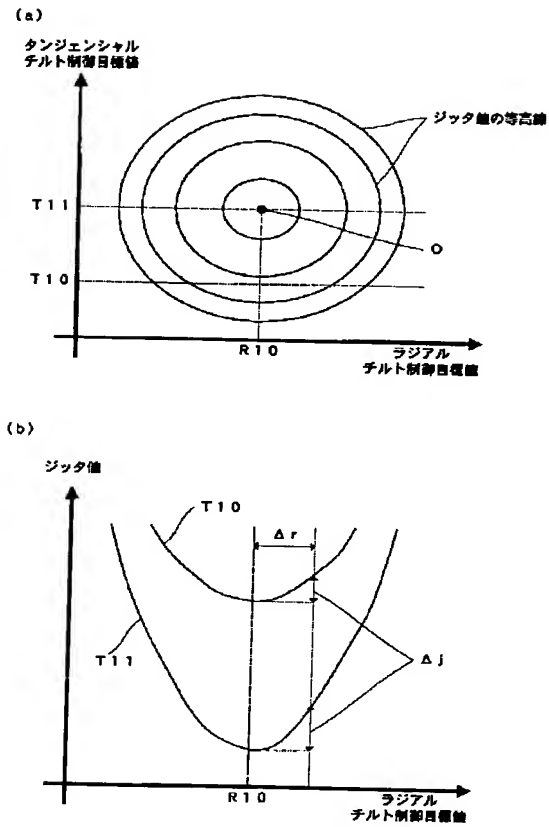
【図11】



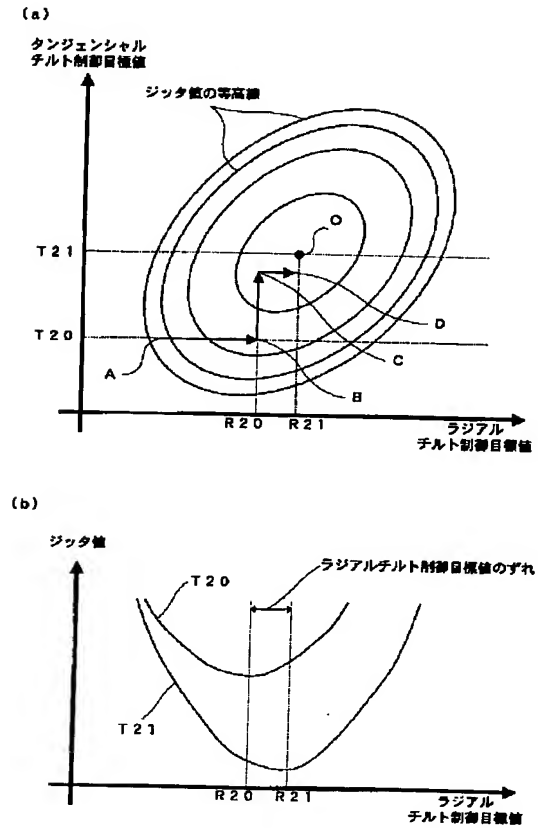
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 岸本 隆
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

Fターム(参考) 5D118 AA13 BA01 CA08 CD04 CD05
CD08